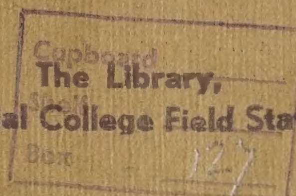
Vol. 3, No. 2 February 15, 1931



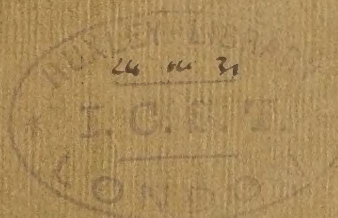
JOURNAL

OF THE

DEPARTMENT OF AGRICULTURE

KYUSHU IMPERIAL UNIVERSITY

FUKUOKA, JAPAN



KOSAKA Hirosi. Die Beziehungen zwischen den verschiedenen physiologischen Erscheinungen der Pflanzen und den in verschiedenen Vegetationsorganen in Erscheinung tretenden Farbstoffen.

II. Mitteilung. Ueber die Beziehungen zwischen der Assimilationstätigkeit und der Anthocyanbildung bei *Abutilon avicennae*.



PUBLISHED BY THE UNIVERSITY

Journal of the Department of Agriculture, Kyushu Imperial University, Vol. 3, No. 2.
February 15, 1931.

DIE BEZIEHUNGEN ZWISCHEN DEN VERSCHIEDENEN PHYSIOLOGISCHEN ERSCHEINUNGEN DER PFLANZEN UND DEN IN VERSCHIEDENEN VEGETATIONSORGANEN IN ERSCHEINUNG TRETENDEN FARBSTOFFEN
II. MITTEILUNG. UEBER DIE BEZIEHUNGEN ZWISCHEN DER ASSIMILATIONSTÄTIGKEIT UND DER ANTHOCYANBILDUNG BEI *ABUTILON AVICENNAE*[1]

Hirosi KOSAKA

I. EINLEITUNG

Die Tatsache, dass die Farbstoffvorkommen in den Pflanzenkörpern zu einer Anhäufung von Nährstoffen oder Assimilaten in inniger Beziehung stehen, ist allgemein bekannt (1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 11, 12, 13). Nach OVERTON (12) treten die Farbstoffe verschiedener Pflanzenarten besonders dann sehr stark auf, wenn der Zuckergehalt in den Körpergeweben sich vermehrt. HIBINO (5), COMBES (2, 4), u.a. haben beobachtet, dass bei den von ihnen untersuchten Pflanzenarten für das Auftreten des Farbstoffs in den Blättern und Stengeln eine Anhäufung von Nährstoffen in den betreffenden Geweben, in die sie durch Ringelungsoperation auf dem Stengel eingeführt wurden, erforderlich war. Auch ich habe in meiner I. Mitteilung (9) dieser Arbeit bereits festgestellt, dass bei *Abutilon avicennae* das Auftreten der Anthocyanfarb-

[1] Arbeiten aus dem agronomischen Institut der Kaiserlichen Kyushu-Universität, No. 29. Arbeiten aus dem botanischen Laboratorium der Kaiserlichen Kyushu-Universität, No. 31.

stoffe in Stengeln und Blattstielen im höchsten Entwickelungsstadium der Pflanzen, d. h. also zu einer Zeit, in der die Assimilation am lebhaftesten vor sich geht, am reichlichsten ist, und dass ein paralleles Verhältnis zwischen der Farbstoffbildung und dem Assimilatgehalt der Zellen besteht.

Nach den bisherigen Untersuchungsergebnissen bestehen also aller Wahrscheinlichkeit zufolge direkte oder indirekte innige Beziehungen zwischen dem Farbstoffvorkommen und der C-Assimilationstätigkeit, durch die die Assimilate bezw. die Nährstoffe geliefert werden. Ich habe nun um diese Beziehungen noch weiterhin aufzuklären, und weiter um meine Untersuchungen über die Beziehungen zwischen dem Farbstoffvorkommen und den verschiedenen physiologischen Erscheinungen im Pflanzenleben zu fördern, Untersuchungen an *Abutilon avicennae* ausgeführt, deren Ergebnisse ich in Nachstehendem veröffentliche.

II. METHODIK UND MATERIAL

Als Material dienten mir ebenso wie für meine vorangehenden Versuche zwei Sorten von *Abutilon avicennae, L.* nämlich die Sorten "Akaguki" (Rotstengel) und "Awoguki" (Grünstengel). Die Schilderung des Wachstumsumfangs und des Farbstoffvorkommens bei den beiden Sorten ist in der ersten Mitteilung (9) dieser Arbeit ausführlich beschrieben worden. Wie in jener Mitteilung eingehend erörtet wurde, waren sich diese beiden Sorten in der Entwickelung sehr ähnlich, dabei trat der rot-violette Anthocyanfarbstoff am Hypokotyl und Blattstiel im frühen Entwickelungsstadium stark hervor, und zwar bei beiden Sorten allmählich auch im gleichen Farbentone. In einem fortgeschritteneren Stadium aber trat der Farbstoff bei den "Akaguki"-Sorten bedeutend stärker auf als bei der "Awoguki"-Sorte. Es ist hinzufügen, dass der genannte Farbstoff aber keinesfalls in denselben Masse während der ganzen Lebensdauer in den Blattspreiten vorkommt.

Das Material wurde grösstenteils in den WAGNER'schen Kulturtöpfen, zu einem anderen Teile in KNOP'scher Nährlösung aufgezogen. Der Grad der Farbstoffbildung in dem Stengel und Blattstiel und der Gehalt der Blattspreiten an Assimilaten und gleichzeitig auch der Wachstumsgrad der Pflanzen wurden in den verschiedenen Perioden während des ganzen Entwickelungsverlaufes der einzelnen Pflanzen beobachtet. Weiter beschäftigte ich mich unter Verwendung der "Akaguki"-Sorte mit Versuchen über den Einfluss einer Schwächung der

Assimilationstätigkeit der Pflanzen durch Hemmungsbehandlung auf das Farbstoffvorkommen in Stengeln und Blattstielen. Zur Feststellung des Assimilatgehaltes—es wurde der gesamte Gehalt an Kohlehydraten in den völlig ausgewachsenen Blattspreiten bestimmt—wurde der letztere in den an hellen Tagen morgens um 6^h und abends um 6^h gesammelten Blättern bestimmt.

Zur Feststellung des gesamten Kohlehydratgehaltes der Blattspreiten wurde die gewöhnliche makrochemische quantitative analytische Untersuchungsmethode angewendet, und zwar wurden die Kohlehydrate zu Traubenzucker reduziert und darauf die Menge des gesamten Traubenzuckers mittels der PAVY-KUMAGAWA-SUDO'schen Methode (10) bestimmt. Ich habe dabei die gefundenen Werte stets mittels der KOKETSU'schen "Pulver-Methode" (7, 8) dargestellt und zwar mit dem Wert des Gehalts pro Einheit-Volumen des Gewebspulvers.

Zur Feststellung des Wachstumsgrades wurden sowohl die Längenzunahme der Pflanzen als auch die Zunahme an Frisch- und Trockengewicht der oberirdischen Pflanzenteile bestimmt und der durchschnittliche tägliche Zuwachs—ebenso wie in meiner I. Mitteilung—als Index der Wachstumsgeschwindigkeit benützt. Ebenso wurde auch der Grad der Farbstoffbildung wie bei den Versuchen der vorhergehenden Arbeit makroskopisch und mikroskopisch festgestellt und 7 verschiedene Farbenabstufungen unterschieden, wie ich sie nachstehend angebe:

Farbenton	Farbe	Farbenindex-Zahl
—	Grün (Rot fehlt)	0
±	Spur von Rot	1
+	Rosa-hellrot-violett . .	2
++	Rot-violett	3
+++	Violett	4
++++	Dunkel-violett . . .	5
+++++	Tief-dunkel-Violett . .	6

III. UEBER DIE BEZIEHUNGEN ZWISCHEN DEM FARBSTOFFVORKOMMEN IN STENGELN UND BLATTSTIELEN EINERSEITS UND DER ASSIMILATIONSTÄTIGKEIT DER BLÄTTER IN VERSCHIEDENEN ENTWICKELUNGSSTADIEN ANDERERSEITS

Von beiden *Abutilon*-Sorten, die in den WAGNER-Töpfen unter gleichen Bedingungen kultiviert worden waren, wurden in verschiedenen Ent-

wickelungsstadien während der ganzen Vegetationsperiode der Farbstoffgehalt der Stengel und Blattstiele, der Gehalt der Blattspreiten an Assimilaten bestimmt. Die Ergebnisse der Bestimmungen waren die folgenden.

A. "AKAGUKI"-PFLANZEN

In frühen Entwickelungsstadien ist der Grad des Farbstoffvorkommens des Stengels und Blattstiels eine nur geringe, nach und nach aber mit dem Fortschritte in der Entwickelung der Pflanzen wird es vermehrt und erreicht in ausgewachsenen Stadium das Maximum. Im Stadium der Fruchtreife nimmt der Grad des Farbstoffvorkommens dann wieder ab.

Andererseits ist der Gehalt der Blattspreiten an Assimilaten in einem frühen Stadium der Entwickelung nur gering, vermehrt sich mit fortschreitender Entwickelung der Pflanze und erreicht das Maximum im Stadium der Fruchtreife. In allgemeinen verläuft also das Farbstoffvorkommen des Stengels und Blattstiels während der ganzen Entwickelung der Pflanze nur mit Ausnahme des Fruchtreifestadiums parallel dem Gehalt der Blätter an Assimilaten. Das bedeutet aller Wahrscheinlichkeit nach indirekt die Tatsache, dass das Farbstoffvorkommen in den Stengeln und Blattstielen während der Entwickelung zu der Menge der Assimilate oder Nährstoffe in denselben Körperteilen parallel verläuft, welche möglicherweise von den Blattspreiten geliefert wird, und weiter dass bezüglich des ganzen Pflanzenkörpers die Beziehungen zwischen dem Farbstoffvorkommen und die assimilatorische Tätigkeit der Pflanzen wahrscheinlich auch stets parallel verlaufende sind.

Dagegen ist die tägliche Zunahme sowohl der Stengellänge als auch des Frisch- und Trockengewichtes der oberirdischen Teile des Pflanzenkörpers in frühen Entwickelungsstadien und während des Wachstumsstadiums eine grosse, während sie im Blütestadium sehr viel kleiner ist. Daher steht die Wachstumsgeschwindigkeit, ausgedrückt sowohl durch den Grad der Längenzunahme, als auch durch die Zunahme an Frisch- und Trockengewicht, in welcher wahrscheinlich anderseits die Geschwindigkeit des Baustoffverbrauches im Gewebe ausgedrückt ist, zu dem Farbstoffvorkommen in allen Pflanzenteilen in einem umgekehrten Verhältnisse. (Tabelle 1.)

B. "AWOGUKI"-PFLANZEN

Der Verlauf des Grades des Assimilatgehaltes der Blätter und der

Tabelle 1

Gehalt der Blattspreiten an Assimilaten, Grad des Farbstoffvorkommens in Blattstielen und Stengeln, dazu die tägliche Wachstumsgeschwindigkeit gemessen an der täglichen Längenzunahme sowie auch Frischgewichts- und Trockengewichtszunahme in verschiedenen Entwickelungsstadien der "Akaguki"-Pflanzen[1]

Beobachtungszeit	Stadium der Entwickelung	Tägliche Wachstumsgeschwindigkeit der oberirdischen Körperteile in %			Assimilatgehalt auf 1 ccm Volumen des Gewebepulvers			Farbstoffvorkommen		
		Längenzunahme	Frischgewichtszunahme	Trockengewichtszunahme	Blätter, gesammelt um 6 Uhr morgens (mg)	Blätter, gesammelt um 6 Uhr abends (mg)	Durchschnittswerte (mg)	Stengel	Blattstiele	Durchschnittswerte
24. Juli	Frühes Wachstum	9.28	12.27	13.64	38.3	139.8	**89.1**	1.0	2.2	**1.6**
30. Juli	Stärkeres Wachstum	6.71	12.12	12.28	41.4	144.4	**92.9**	2.6	3.1	**2.8**
11. August	Blüte	5.50	6.55	6.83	65.1	148.3	**106.7**	3.3	4.2	**3.7**
19. August	Fruchtreife	0.91	3.47	5.05	66.3	161.2	**113.8**	2.4	2.6	**2.5**

[1] Die Zahlen bedeuten Durchschnittswerte, gefunden aus 20-30 Versuchspflanzen. Die Zahlen für den Assimilatgehalt der Blätter bilden die Durchschnittswerte für 3 Analysen von je 3-4 ccm Volumen des Gewebspulvers.

der täglichen Zunahme sowohl an Körperlänge, als auch an Frisch- und Trockengewicht der oberirdischen Teile waren in jedem Stadium der Entwickelung dem der "Akaguki"-Sorte ähnlich, d.h. der Gehalt der Blätter an Assimilaten wurde mit dem Fortschritt in der Entwickelung immer mehr vermehrt, dagegen die Veränderungen in der Geschwindigkeit der Längen- bezw. Frischgewichts- und Trockengewichtszunahme gegensinnig vor sich gehen. Das Farbstoffvorkommen war in den ersten beiden Stadien ein nur sehr schwaches, danach hörte es völlig auf.

Aus diesem Grunde ist mit diesem Material schwerlich ein Nachweis zu bringen für die Beziehungen zwischen der Farbstoffbildung in dem Stengel und Blattstiel und dem Gehalt der Blattspreiten an Assimilaten, in dem aller Wahrschenlichkeit nach indirekt die Assimilationstätigkeit der Pflanzen dargestellt ist, und auch der Wachstumsgeschwindigkeit der Pflanzenkörper, in der wahrscheinlich der Verbrauch an Assimilaten im Gewebe ausgedrückt ist. (Tabelle 2.)

C. VERGLEICH DER DATEN GEFUNDEN AN DEN "AKAGUKI"- UND DEN "AWOGUKI"-PFLANZEN

Dass die Farbstoffzunahme des Stengels und Blattstiels zum Assimilatgehalt der Blätter in einem parallelen Verhältnis, dagegen zu der Wachstumsgeschwindigkeit, ausgedrückt sowohl durch den Grad der Längenzunahme, als auch durch die Zunahme an Frisch- und Trockengewicht in einem umgekehrten Verhältnis steht, haben wir bereits mit der "Akaguki"-Sorte festgestellt. Eine andere Frage ist die, ob dasselbe Verhältnis sich auch bei einem Vergleich der Versuchsergebnisse mit der "Akaguki"- und der "Awoguki"-Sorte ergibt. Um Klarheit über diese Frage zu erhalten, habe ich bezüglich des Farbstoffvorkommens und sowohl des Assimilatgehaltes der Blätter, als auch des Wachstums der Pflanzen zwischen den beiden Sorten einen Vergleich angestellt. Die Menge des gebildeten Farbstoffes im Stengel und Blattstiel ist, wie wir aus den vorhergehenden Untersuchungen gesehen haben, bei den "Akaguki"-Pflanzen sehr viel grösser, als bei den "Awoguki"-Pflanzen. Auch der Gehalt der Blätter an Assimilaten ist in den Stadien des starken Wachstums und der Blüte bei "Akaguki" grösser als bei "Awoguki." In den beiden genannten Stadien aber ist die Farbstoffbildung bei "Akaguki" sehr stark. Weiter ist klar ersichtlich, dass die Differenz des Gehaltes an Assimilaten zwischen

Tabelle 2

Gehalt der Blattspreiten an Assimilaten, Grad des Farbstoffvorkommens in Blattstielen und Stengeln, dazu die tägliche Wachstumsgeschwindigkeit, gemessen an der täglichen Längenzunahme und Frischgewichts- und Trockengewichtszunahme in verschiedenen Entwickelungsstadien der "Awoguki"-Pflanzen[1]

Beobachtungszeit	Stadium der Entwickelung	Tägliche Wachstumsgeschwindigkeit der oberirdischen Körperteile in %			Assimilatgehalt auf 1 ccm Volumen des Gewebepulvers[2]			Farbstoffvorkommen		
		Längenzunahme	Frischgewichtszunahme	Trockengewichtszunahme	Blätter, gesammelt um 6 Uhr morgens (mg)	Blätter, gesammelt um 6 Uhr abends (mg)	Durchschnittswerte (mg)	Stengel	Blattstiele	Durchschnittswerte
24. Juli	Frühes Wachstum	7.56	12.05	12.63	(49.3)	(142.4)	**(95.9)**	0.2	0	**0.1**
30. Juli	Stärkeres Wachstum	8.74	12.41	13.06	38.0	130.7	**84.4**	0	0.2	**0.1**
11. August	Blüte	5.73	7.07	7.25	54.0	134.6	**94.3**	0	0	**0**
19. August	Fruchtreife	3.43	4.91	6.40	99.5	192.7	**146.1**	0	0	**0**

1 Die Zahlen bedeuten Durchschnittswerte, gefunden aus 20-30 Versuchspflanzen. Die Zahlen für den Assimilatgehalt der Blätter bilden die Durchschnittswerte für 3 Analysen von je 3-4 ccm Volumen des Gewebspulvers.

2 Die eingeklammerten Zahlen sind die Resultate nur einer Analyse mit 1-2 ccm Volumen des Gewebspulvers.

den um 6 Uhr morgens und 6 Uhr abends gesammelten Blättern—sie wurde in diesem Falle der Bequemlichkeit halber als die während eines hellen Tages in jedem Stadium der Entwickelung hergestellte Assimilatmenge betrachtet—bei "Akaguki" immer grösser ist. Andererseits wieder zeigt es sich, dass die Wachstumsgeschwindigkeit, ausgedrückt durch die Zunahme in dem Längenwachstum sowie auch die des Frisch- und Trockengewichtes, in der aller Wahrscheinlichkeit nach der Verbrauch an Nährstoffen im Gewebe dargestellt ist, sich gerade umgekehrt zu dem Vorhergesagten verhält; es ist nämlich in einem frühen Stadium der Entwickelung die Geschwindigkeit des Wachstums bei den "Awoguki"-Pflanzen eine etwas geringere, in weiter fortgeschrittenen Stadien aber stets grösser als bei den "Akaguki"-Pflanzen. Daraus ergibt sich die Tatsache, dass bei den Pflanzen, deren Assimilationstätigkeit kleiner, aber deren Wachstum sehr viel grösser ist, die Farbstoffbildung eine geringere ist, und weiter dass der Grad des Farbstoffvorkommens in Stengeln und Blattstielen und der Gehalt der Blätter an Assimilaten auch bei dem Vergleich zwischen beiden verschiedenen Sorten in ähnlicher Weise einander parallel verlaufen. (Tabelle 3)

IV. UEBER DIE FARBSTOFFBIDUNG BEI SOLCHEN ABUTILON-PFLANZEN, DEREN ASSIMILATIONSTÄTIGKEIT DURCH VERSCHIEDENE HEMMUNGS-BEHANDLUNG VERRINGERT WURDE

Der vorhergehende Versuch hat uns gezeigt, dass die Farbstoffbildung in Stengeln und Blattstielen der *Abutilon*-Pflanzen zu dem Gehalte der Blattspreiten an Assimilaten in inniger Beziehung stehen. Es bleibt zu erforschen, ob dasselbe Verhältnis auch zwischen dem Farbstoffvorkommen und der Assimilationstätigkeit dieser Pflanzen besteht. Um diese Frage zu lösen, habe ich einen weiteren Versuch ausgeführt, in dem ich beobachtet habe, ob eine Hemmung der Assimilationstätigkeit der Pflanzen von ungünstigem Einfluss auf die Farbstoffbildung ist oder nicht.

A. DAS FARBSTOFFVORKOMMEN BEI DEN "AKAGUKI"-PFLANZEN IM STADIUM STARKEN WACHSTUMS NACH ABPFLÜCKEN DER BLATTSPREITEN

Von "Akaguki"-Pflanzen im Stadium starken Wachstums, die von der Keimlingszeit ab in Knop'scher Nährlösung gezogen worden

Tabelle 3

Vergleich des Forbstoffvorkommens, des Assimilatgehaltes der Blätter und der Wachstumsgeschwindigkeit gemessen an der Längen- sowie auch an der Frischgewichts- und Trockengewichtszunahme der oberirdischen Körperteile bei den "Akaguki"- und "Awoguki"-Pflanzen[1]

Beobachtungszeit	Stadium der Entwickelung	Tägliche Wachstumsgeschwindigkeit des oberirdischen Pflanzenkörpers						Assimilatgehalt der Blätter[2] (Werte pro 1 ccm Volumen des Gewebspulvers)						Grad des Farbstoffvorkommens	
		Längenzunahme (relativer Wert)		Frischgewichtszunahme (relativer Wert)		Trockengewichtszunahme (relativer Wert)		Blätter, gesammelt morgens um 6 Uhr (relativer Wert)		Blätter, gesammelt um 6 Uhr abends (relativer Wert)		Differenz des Assimilatgehaltes zwischen den beiden Blättern, d. h. Assimilatmenge hergestellt während eines hellen Tages (relativer Wert)			
		"Akaguki"	"Awoguki"	"Akaguki"	"Awoguki"	"Akaguki"	"Awoguki"	"Akaguki"	"Awoguki"	"Akaguki"	"Awoguki"	"Akaguki"	"Awoguki"	"Akaguki"	"Awoguki"
24. Juli	Frühes Wachstum	**100**	81	**100**	98	**100**	93	**100**	(129)	**100**	(102)	**100**	(92)	**1.6**	**0.1**
30. Juli	Stärkeres Wachstum	72	94	99	101	90	96	107	99	103	93	101	91	**2.8**	**0.1**
11. August	Blüte	59	62	53	58	50	53	170	142	105	96	82	79	**3.7**	**0**
19. August	Fruchtreife	1	37	28	40	37	47	173	260	115	138	93	92	**2.5**	**0**

[1] Die Zahlen sind gegeben in dem Durchschnittswerte gefunden aus 20-30 Versuchspflanzen; der Assimilatgehalt der Blätter wurde durch 3 malige Analyse von 3 4 ccm Volum der Gewebepulver bestimmt. Die betreffenden absoluten Werte der für "Akaguki" gefundenen Daten, die als Einheitswerte benutzt wurden, betragen:

1) Tägliche Wachstumsgeschwindigkeit, ausgedrückt durch:

Längenzunahme 9.28%,
Frischgewichtszunahme 12.27%,
Trockengewichtszunahme 13.46%,

2) Assimilatgehalt der Blätter, gesammelt:

um 6 Uhr morgens ... ... 38.3 mg,
um 6 Uhr abends ... ... 139.8 mg,
Differenz... ... ... 101.5 mg.

Die eingeklammerten Zahlen sind die Resultate nur einer Analyse mit 1-2 ccm Volumen des Gewebspulvers.

waren, wurde um die Assimilationstätigkeit zu hemmen, die Hälfte der Materialien alle Blattspreiten abgepflückt, während die andere Hälfte ohne solche Behandlung noch eine Zeit lang weiter der Entwickelung überlassen wurde. Am 3. August, nach acht Tagen dieser Behandlung wurden dann der Grad der Farbstoffbildung und der Umfang des Wachstums festgestellt. Hier war nun natürlich bei den Pflanzen, die ihrer Blattspreiten beraubt worden waren, ein geringerer Grad der Farbstoffbildung zu erwarten. Meine Untersuchungsresultate haben diese Vermutung durchaus bestätigt. Es war nämlich der Grad der Farbstoffbildung bei den Pflanzen, die ihrer Blattspreiten beraubt worden waren, in Stengeln und Blattstielen ein sehr viel geringerer als bei den Kontrollpflanzen. Ebenso waren natürlich auch das Frischgewicht, das Trockengewicht und der Prozentgehalt an Trockensubstanz des Körpergewebes bei den behandelten Pflanzen gegenüber der Kontrolle geringer. (Tabelle 4.)

Tabelle 4

Farbstoffvorkommen und Wachstumsumfang bei den "Akaguki"-Pflanzen, denen alle Blattspreiten im Stadium des starken Wachstums abgepflückt worden waren[1]

Beobachtete Punkte		Gefundene Werte[2]					
		Am 27. Juni Vor dem Abpflücken der Blätter		Am 4. Juli Versuchspflanzen 8 Tage n. d. Abflücken d. Blätter		Am 4. Jul Kontrollpflanzen ohne weitere Behandlung	
Umfang des Wachstums	Frischgewicht in gr	2.519	(100)	2.342	(93)	3.635	(144)
	Trockengewicht in gr	0.260	(100)	0.272	(104)	0.431	(165)
	%-Gehalt an Trockensubstanz	10.34	(100)	11.62	(112)	11.85	(115)
Grad des Farbstoffvorkommens	Stengel	2.5		0.5		2.3	
	Blattstiele	2.5		1.3		4.3	
	Durchschnittswerte	**2.5**		**0.9**		**3.3**	

[1] Die Zahlen bedeuten Durchschnittswerte erhalten aus zwei Versuchen mit je 6-7 Pflanzen.

[2] Die eingeklammerten Zahlen sind relative Werte, wenn die gefundenen am 27 Juni als Einheitswerte benutzt wurden.

B. DAS FARBSTOFFVORKOMMEN NACH BEDECKUNG ALLER BLATTSPREITEN MIT SCHWARZEM PAPIER

In diesem Versuche wurden alle Blattspreiten dem Lichte auf einmal entzogen, um die Assimilationstätigkeit der Blätter zu hemmen. Es wurden zu diesem Zwecke am 26. Juli im Wachstumsstadium die "Akaguki"-Pflanzen, die in WAGNER'schen Töpfen aufgezogen worden waren, zu einem Teile über alle Blattspreiten sorgfältig mit schwarzem Papier bedeckt und zum anderen Teile als Kontrolle unbedeckt noch eine Zeit lang der Entwickelung überlassen. In diesem Zustande wurden beide Gruppen 8 Tage lang sich selbst überlassen. Danach wurden der Grad des Farbstoffvorkommens und der Wachstumsumfang festgestellt. Die Resultate waren dieselben wie im vorigen Versuche, aber bedeutend deutlicher. (Table 5.)

Tabelle 5

Farbstoffvorkommen und Umfang des Wachstums bei den "Akaguki"-Pflanzen, deren Blattspreiten im Wachstumsstadium der Entwickelung mit schwarzem Papier bedeckt wurden, um die Assimilationstätigkeit der Blätter zu hemmen[1]

Beobachtete Punkte		Gefundene Werte[2]		
		Am 28. Juli, vor der Bedeckung	Am 3. August, Versuchspflanzen, die nach der Bedeckungs sich noch 8 Tage lang entwickelten	Am 3. August, Kontrollpflanzen, ohne Behandlung nach 8 Tagen
Umfang des Wachstums	Frischgewicht in gr	1.499 (**100**)	2.708 (181)	6.557 (437)
	Trockengewicht in gr	0.218 (**100**)	0.352 (161)	1.005 (461)
	%-Gehalt an Trockensubstanz	14.55 (**100**)	12.99 (89)	15.32 (105)
Grad des Farbstoffvorkommens	Stengel	1.7	1.6	2.9
	Blattstiele	2.8	1.5	3.6
	Durchschnittswerte	**2.2**	**1.6**	**3.2**

[1] Die Zahlen bedeuten Durchschnittswerte erhalten aus zwei Versuchen mit je 8-10 Pflanzen.

[2] Die Eingeklammerten Zahlen sind relative Werte, wenn die gefundenen am 27 Juni als Einheitswerte benutzt wurden.

C. FARBSTOFFVORKOMMEN IN DEN PFLANZEN, DIE IN EISEN- UND MAGNESIA-FREIER WASSERKULTUR GEZOGEN WURDEN

Hier ist eine indirekte Hemmung der Assimilationstätigkeit der

Pflanzen durch Schädigung der Chlorophyllausbildung im Gewebe durchgeführt worden. Ich habe, um die Chlorophyllausbildung im Körpergewebe zu erschweren, von "Akaguki"-Pflanzen, die ab 10. Juli im Keimlingsstadium in KNOP'scher Lösung aufgezogen wurden, am 28. Juli während des Stadiums starken Wachstums einen Teil dieser Pflanzen in Eisen- und Magnesium-freie Lösung gebracht und den Rest als Kontrolle in der gewöhnlichen KNOP'schen Lösung beibehalten. Die Pflanzen wurden so bis zum 18. August, also während 21 Tagen aufgezogen und darauf die Untersuchungen wie in den bisherigen Versuchen durchgeführt.

Das Wechseln der Pflanzen in ihrem Entwickelungsstadium aus ihrer normalen Nährlösung in eine Nährlösung, die weder Eisen noch Magnesium enthält, wird aller Wahrscheinlichkeit nach auch auf ihre Entwickelung einen sehr ungünstigen Einfluss ausüben; die Chlorophyllbildung im Pflanzenkörper wird selbstverständlich durch diese Behand-

Tabelle 6

Grad des Farbstoffvorkommens und der Umfang des Wachstums bei in Wasserkultur ohne Eisen und Magnesium kultivierten "Akaguki"-Pflanzen[1]

Beobachtete Punkte		Gefundene Werte[2]		
		(Am 28. Juli) Vor der Behandlung	(Am 18. August) Versuchspflanzen, die in Fe- und Mg- freie Wasserkultur verpfl. worden waren, nach 21 Tagen	(Am 18. August) Kontrollpflanzen, die in normaler Wasserkultur aufwuchsen, nach 21 Tagen
Umfang des Wachstums	Frischgewicht in gr	1.350 **(100)**	4.593 (340)	7.532 (558)
	Trockengewicht in gr	0.201 **(100)**	0.800 (397)	1.184 (588)
	%-Gehalt an Trockensubstanz	14.92 **(100)**	17.42 (117)*	15.72 (105)*
Grad des Farbstoffvorkommens	Stengel	1.5	2.3	2.6
	Blattstiele	3.5	2.5	3.9
	Durchschnittswerte	**2.5**	**2.4**	**2.9**

[1] Die Zahlen bedeuten Durchschnittswerte gefunden aus den 7-10 Versuchspflanzen.

[2] Die eingeklammerten Zahlen sind relative Werte, wenn die gefundenen am 28 Juli als Einheitswerte benutzt wurden.

* Der Prozentgehalt der Trockensubstanz der Versuchspflanzen ist höher als der der Kontroll-Pflanzen; die Erklärung dieser Tatsache wurde im Text beschrieben.

lung beträchtlich erschwert. Daraus erklärt sich wohl auch, dass das Ergebnis dieses Versuches nicht so deutlich ausgefallen ist, wie bei den Versuchen A und B, aber es war doch immerhin von vornherein anzunehmen, dass durch die Verminderung der Assimilationstätigkeit der Grad des Farbstoffvorkommens herabgesetzt werden würde. (Tabelle 6.)

V. DISKUSSION

Aus obigen Versuchen geht hervor, dass die Anthocyan-Farbstoffbildung in den Stengeln und Blattstielen der *Abutilon*-Pflanzen zu dem Assimilatgehalt der Blattspreiten ausgedrückt durch den gesamten Kohlehydratgehalt der morgendlichen und abendlichen Messung in einem parallelen Verhältnis steht. Weiter erhellt, dass im Gegensatz hierzu die Wachstumsgeschwindigkeit, ausgedrückt durch die Zunahme im Längenwachstum, sowie auch die Frischgewichts- und Trockengewichtszunahme der oberirdischen Pflanzenteile zu dem Farbstoffvorkommen in genannten Pflanzenteilen im umgekehrten Verhältnisse steht. Andererseits ist festgestellt worden, dass die Farbstoffbildung durch verschiedenartige Hemmungsbehandlung der Assimilationstätigkeit der Pflanzen in verschiedenartigem Masse gehemmt wird.

Viele Autoren haben schon sich dafür ausgesprochen, dass die Bildung von Anthocyan und seiner Chromogensubstanzen quantitativ abhängig ist von den Nährstoffen oder Assimilaten im Pflanzenkörper (1, 2, 3, 4, 5, 6, 11, 12, 13). Ich habe ebenfalls in meiner vorhergehenden Mitteilung (9) festgestellt, dass die Farbstoffbildung der *Abutilon*-Pflanzen zur Wachstumsgeschwindigkeit, ausgedrückt durch die Trockengewichtszunahme, im umgekehrten Verhältnisse steht und parallel zur Anhäufung der Nährstoffe im Köpergewebe verläuft. Auch aus den vorliegenden Versuchen gehen diese Tatsachen hervor, ausserdem aber ist bei diesen besonders hervorzuheben, dass das umgekehrte Verhältnis zwischen der Farbstoffbildung und der Wachstumsgeschwindigkeit, bedeutet den Verbrauch an Nährstoffen, so besonders deutlich hervortritt, da in diesem Falle nicht nur der Gewichtszuwachs, sondern auch der Längenzuwachs, der die Gewebeneubildung am deutlichsten darstellt, als Index der Wachstumsgeschwindigkeit benutzt worden ist.

Weiter habe ich auch nachgewiesen, dass der Assimilatgehalt der morgens und abends gesammelten Blattspreiten im frühen Entwickelungsstadium nur gering ist und mit dem Fortschritt in der Entwickelung

sich nach und nach vermehrt, und dass ein paralleles Verhältnis zwischen dem Assimilatgehalt der Blattspreiten und dem Grad des Farbstoffgehaltes in den Stengeln und Blattstielen besteht. Dabei müssen sich die Beziehungen zwischen dem Grad des Farbstoffvorkommens und dem Nährstoffgehalt der Stengel und der Blattstiele sich auch in der Parallelen verändern, da diese Partieen durch die Assimilatwanderung von der Blattspreite aus versorgt werden müssen.

Es steht nach meinen Versuchsresultaten der Assimilatgehalt sowohl der morgendlichen als auch der abendlichen Blätter während des ganzen Entwickelungsstadiums im umgekehrten Verhältnis zu der Wachstumsgeschwindigkeit, ausgedrückt durch die Frischgewichts- und Trockengewichtszumahme ebenso wie auch die Längenzunahme. Das kann vielleicht bedeuten, dass die Anhäufung der Assimilate im Pflanzenkörper im frühen Entwickelungszustande nur eine geringe ist und mit fortschreitender Entwickelung nach und nach vermehrt wird, und dass sie andererseits auch zu dem Verbrauch an Baustoffen bei der Gewebsneubildung im umgekehrten Verhältnisse steht. Aus diesem Grunde ist wohl auch in jüngeren Stadien der Entwickelung der Baustoffgehalt der Gewebszellen nur ein geringer. Im ausgewachsenen Pflanzenkörper ist aber das Gegenteil der Fall. Hier geht die Assimilationstätigkeit der Blätter sehr lebhaft vor sich, während die Gewebsneubildung des Pflanzenkörpers nicht mehr so lebhaft ist. Das ist wohl die Hauptursache dafür, das in dem genannten Stadium der Assimilat- oder Nährstoffgehalt der Zellen ein sehr viel höherer ist.

Nach dem Stadium des Verblühens, zu Anfang der Fruchtreife wandern dann wohl die Nährstoffe aus dem Körpergewebe in die Früchte oder Samen und andererseits die Wanderung der Assimilate aus dem Blattgewebe in den Körper wird wohl abnehmen, weil in diesem Stadium die Assimilationstätigkeit der Blätter mit deren zunehmendem Alter sich wieder vermindern möchte, durch welchen Vorgang dann wieder eine Abnahme des Nährstoffgehaltes in den Gewebszellen der Stengel und Blattstiele herbeigeführt wird.

Bezüglich der Assimilationstätigkeit der Pflanzen und des davon abhängigen Nährstoffgehaltes des Körpergewebes während der ganzen Vegetationsperiode lassen sich daher drei verschieden Stadien unterscheiden. Das erste Stadium ist das der lebhaftesten Entwickelung, das zweite das der Vervollständigung der Entwickelung, in dem die Blätter die höchste Energie in der Assimilationstätigkeit entwickeln und das Körpergewebe den höchsten Gehalt an Nährstoffen besitzt und das

dritte Stadium ist das nach dem Verblühen, in dem die Assimilationstätigkeit der Blätter ebenso wie auch der Nährstoffgehalt des Körpergewebes wiederum abnimmt.

Andererseits lassen sich auch bezüglich der Farbstoffbildung im Pflanzenkörper während der ganzen Vegetationsperiode drei verschiedene Stadien unterscheiden, in dem die Farbstoffbildung eine ganz ähnliche Entwickelung durchmacht wie der Nährstoffgehalt im Pflanzenkörper. Daher ist anzunehmen, dass aller Wahrscheinlichkeit nach einerseits die Beziehungen zwischen der Farbstoffbildung und dem Nährstoffgehalt der Körpergewebszellen während der ganzen Periode einander paralell verlaufen und andererseits in ähnlicher Weise auch die Beziehungen zwischen der Farbstoffbildung und der Assimilationstätigkeit des Pflanzenkörpers verlaufen müssen. Es ist daher ganz natürlich, dass die Farbstoffbildung in dem Pflanzenkörper und der Assimilatgehalt der Blattspreiten, obwohl sie meistens einander parallel verlaufen, im Fruchtreifestadium zu einander in einem umgekehrten Vernältnis stehen.

Aus meinen Untersuchungen geht also im Ganzen hervor, dass zwar zwischen dem Farbstoffauftreten in Stengeln und Blattstielen der *Abutilon*-Pflanzen und dem Assimilatgehalt der Blattspreiten derselben eine innige Beziehung besteht, doch können wir, obgleich ähnliche Beziehungen zwischen dem Farbstoffauftreten und der Assimilationstätigkeit der Pflanzen zu bestehen scheinen, solche noch nicht als endgültig erwiesen ansehen. Um hier Klarheit zu schaffen, habe ich deshalb noch einen weiteren Versuch mit der Hemmung der Assimilationstätigkeit der *Abutilon*-Pflanzen ausgeführt. Diese Hemmung habe ich durch Abpflücken der Blattspreiten, durch Bedecken der Blattspreiten mit schwarzem Papier und durch Hemmung der Chlorophyllausbildung und damit verbundener Hemmung der Assimilationstätigkeit der Pflanzen herbeigeführt. In diesem Falle ist natürlich ein geringeres Farbstoffvorkommen vorauszusetzen. Meine Versuchsresultate haben diese Erwartung vollauf bestätigt. Es stellte sich aber weiter auch heraus, dass der Umfang des Wachstums der behandelten Pflanzen auch ein bedeutend geringerer war als der der normal angebauten Pflanzen. Das ist zweifellos dadurch zu erklären, dass die behandelten Pflanzen nur eine zehr geringere Assimilation ausgeübt haben.

Nach diesen letzteren Versuchen weiterhin zu urteilen, können wir wohl mit Recht schliessen, dass die Anhäufung an Assimilaten im Körpergewebe der *Abutilon*-Pflanzen, die einerseits zu der Assimilationstätigkeit der Pflanzen parallel, andererseits dagegen umgekehrt zu dem

Grad des Wachstums verlaufen, in inniger Beziehung zu der Anthocyanfarbstoffbildung stehen.

VI. ZUSAMMENFASSUNG

1) Die Anthocyanfarbstoffbildung in Stengeln und Blattstielen von *Abutilon avicennae* verändert sich parallel zu dem Assimilatgehalt der Blätter, in dem aller Wahrscheinlichkeit nach die Assimilationstätigkeit der Pflanzen dargestellt ist, dagegen aber umgekehrt zu der Wachstumsgeschwindigkeit der Pflanzen, ausgedrückt durch die Frischgewichts- und Trockengewichtszunahme und die Längenzunahme, durch die wahrscheinlich auf die Geschwindigkeit des Nährstoffverbrauchs im Gewebe hingewiesen wird.

2) Die Farbstoffbildung ist bei Pflanzen, bei denen die Assimilationstätigkeit gehemmt wird, eine nur geringe.

3) Aus allem Gesagten ist anzunehmen, dass der Grad der Farbstoffbildung bei den *Abutilon*-Pflanzen zu der Anhäufung der Assimilate im Körpergewebe in einem parallelen Verhältnisse steht.

Vorliegende Untersuchungen wurden in den Jahren 1927-1928 in dem agronomischen und dem botanischen Institut der Kaiserlichen Kyushu-Universität ausgeführt. Es ist mir ein aufrichtiges Bedürfnis meinen Lehrern Herrn Prof. R. Kôketsu für ihre Anregung und Leitung bei dieser Arbeit, und den Herrn Prof. Y. Okuda für seine Unterstützung auf chemischem Gebiete bei Ausführung dieser Arbeit, und den Herren Prof. T. Kôyama und Prof. T. Morinaga für ihre vielfache Unterstützung im Laufe dieser Untersuchungen meinen herzlichen Dank auszusprechen.

Agronomisches Institut, Kaiserliche Kyushu-Universität. November, 1930.

LITERATUR

1. Combes, R., Rapports entre les composés hydrocarbonés et la formation de l'anthocyane. (Ann. Sci. Nat. Bot. Paris **9**, 1909.) Ref., Chem. Abst. **4**, p. 1992, 1910.
2. ——, Production d'anthocyanique sons l'influence de la décortication annulaire. (Bull. Soc. Bot. France **56**, 1909.) Ref., Just's Bot. Jahresb. **37**, p. 647, 1909.
3. ——, Recherches biochimiques sur le dévelopment de l'anthocyanique chez les végétaux. (C. R. Acad. Sc. Paris **148**, 1909.) Ref., Bot. Centralbl. **111**, p. 461, 1909.
4. ——, Formation de pigment anthocyaniques déterminée dans les feullers par le décortication annulaire des tiges. (Ann. Sc. nat. Bot. Paris **16**, 1912.) Ref., Bot. Centralbl. **120**, p. 675, 1912.

5. HIBINO, S., Ueber die Anthocyanbildung in den Blättern durch die Ringelung. (Jap.) Bot. Mag. Tokyo **27**, p. 489, 1913.
6. JONESCO, ST., Recherches sur le rôle des anthocyanes. (Ann. sci. Nat. Bot. **4**, 1922.) Ref., Bot. Abst. **12**, p. 864, 1923.
7. KÔKETSU, R., Ueber den Gehalt an Trockensubstanz und Asche in einem bestimmten Volumen Gewebepulver als Indizium für den Gehalt des Pflanzenkörpers an denselben Konstituenten. Jour. Dep. Agr. Kyushu Imp. Univ. **1**, p. 151, 1924.
8. KÔKETSŪ, R., KOSAKA, H., SATÔ, T., und FUJITA, T., Ueber den Effekt der Anwendung der "Pulvermethode" für die Bestimmung des Stoffgehaltes im Pflanzenkörper. V. Vergleichende Bestimmungen des Kohlenhydrat- und Eiweissgehaltes. (Jap.) Bulteno Scienco d. I. Fakultato Terkultura, Kjuŝu Imp. Univ. **3**, p. 232, 1929.
9. KOSAKA, H., Die Beziehungen zwischen den verschiedenen physiologischen Erscheinungen der Pflanzen und den an verschiedenen Vegetationsorganen in Erscheinung tretenden Farbstoffen. I. Mitteilung. Ueber die Beziehungen zwischen der Anthocyanbildung und dem Wachstum von *Abutilon avicennae*. Jour. Dep. Agr. Kyushu Imp. Univ. **2**, p. 207, 1929.
10. KUMAGAWA, M., und SUDÔ, K., Ein Beitrag zur zuckertitrierung mit ammoniakalischer Kupferlösung nach PAVY. SALKOWSKI-Festschrift, 1904.
11. ONSLOW, M., The Anthocyan pigment of plants. Cambridge 1927.
12. OVERTON, E., Beobachtungen und Versuche über das Auftreten von rothem Zellsaft bei Pflanzen. Jahrb. wiss. Bot. **33**, p. 177, 1899.
13. ROSE, E., Étude des échanges gazeux et de la variation des sucres et glucosides au cours de la formation des pigments anthocyaniques dans les fleurs de *Cobaea scandens*. (C. R. Acad. Sci. Paris **158**, 1914.) Ref., Chem. Abst. **8**, p. 3317, 1914.

昭和六年二月十二日印刷
昭和六年二月十五日發行

編纂兼發行者　九州帝國大學

九州帝國大學內
印刷者　田中信吾

印刷所　九州帝國大學印刷所

東京市麹町區元園町一丁目七番地
發賣所　養賢堂

Agent for the Sale of this Journal:

YOKENDO

Motozonocho, Kojimachiku,
TOKYO.

All correspondences regarding this Journal should be addressed to the Editor of the Journal.